# KAJIAN DISTRIBUSI GEMPA TERHADAP GERAK PATAHAN PALU KORO DAN DESKRIPSI MATERIAL LIKUIFAKSI SEBAGAI INDIKASI PATAHAN BAWAH PERMUKAAN, PALU SULAWESI TENGAH

#### Oleh:

Marniati.M.T Indah Kurniawati S.Tr Darmawan.M.Si

## **BBMKG** Wilayah IV Makassar

#### Abstrak

Aktifitas Patahan Palu Koro mengakibatkan Gempabumi, Tsunami, Likuifaksi yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 sangat menarik untuk dikaji terutama dengan munculnya bias lokasi dari data magnitudo dan seismisitas yang terkonsentrasi ada bagian utara dan berdampak pada bagian selatan. Tulisan ini mencoba mencari alternatif jawaban bahwa rentetan gerak dinamik telah terjadi pada masa geologi lampau pada batuan Intrusi, Molase, Formasi Tinombo dan Kompleks Metamorf sebagai batuan yang menyusun Kota Palu. Berdasarkan data lapangan likuifasi menunjukkan indikasi kuat bahwa ada terbentuk zona struktur patahan di bawah permukaan yang pada saat aktifitas Palu Koro meningkat berkorelasi pula dengan batas elastisitas batuan dan likuifaksi mengeluarkan material berkomposisi mineral kuarsa, feldspar, skis, pasir sebagai sumber mineral batuan penyusun Kota Palu. Data magnitudo dan seismisitas menguatkan indikasi bahwa gerak dinamik vertikal terkonsentrasi dangkal yang masih menyentuh zona struktur bawah permukaan, sedangkan secara horizontal membentuk pelurusan relatif pada patahan sekitarnya yaitu patahan Pasangkayu dan patahan Matano, patahan Poso dan Zona Palolo Graben.

Kata Kunci: Patahan Palu Koro, Likuifaksi, Kuarsa, Magnitudo, Seismisitas

#### **Abstract**

Palu Koro fault activities caused Earthquakes, Tsunamis, and Liquefaction that occurred on September 28, 2018 are very interesting to study especially with the emergence of location bias from the magnitude and seismicity data concentrated in the north and affecting the south. This paper tries to find an alternative answer that a series of dynamic motion has occurred in past geological times in Intrusive rocks, Molasses, Tinombo Formation and Metamorphic Complex as rocks that make up the City of Palu. Based on the liquefaction field data, there is a strong indication that there is a zone of subsurface fracture structure which when the activity of Koro Palu increases, correlates also with the rock elasticity limit and liquefaction emits quartz mineral material, feldspar, skis, sand as a rock mineral source for Palu City. Magnitude and seismicity data reinforce the indication that vertical dynamic motion is shallow concentrated with the subsurface structure zone, while horizontally it forms relative alignment on surrounding faults, that is Pasangkayu fault and Matano fault, Poso fault and Palolo Graben Zone.

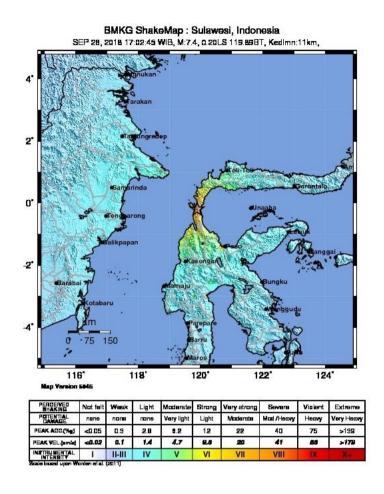
Keywords: Palu Koro Fault, Liquefaction, Quartz, Magnitude, Seismicity

#### A. Pendahuluan

Patahan Palu Koro adalah zona transform mayor pada regional konvergen dari tiga gerak lempeng tektonik bagian timur Indonesia, yaitu Australia, Filipina (kecepatan tumbukan 7.5 sampai 9 cm/tahun) dan Eurasia (Walpersdorf dan Vigny,1998). Karakteristik patahan ini (Tjia, 1981; Hamilton, 1979) adalah (1) bersifat *left slip* (2) pola gerak di bagian utara Sulawesi membentuk palung Sulawesi Utara (3) pola gerak dibagian timur berhubungan patahan Matano (4) memiliki nilai gempa M ≥7 (Hamilton, 1979). Patahan Palu-Koro disebut sebagai *left-lateral motion* (Fitch, 1970).

Beradasarkan data seismisitas dapat menunjukkan bahwa gempa disertai tsunami yang terjadi di Kota Palu sangat erat kaitannya dengan aktifitas Patahan Palu Koro. Sumber gempa yang terletak di bagian utara (Gambar 1) justru menghasilkan likuifaksi yang terjadi bagian selatan, utamanya Kota Palu, menimbukan pertanyaan ada apa dengan bantuan yang berada di bawah Kota Palu dan bagaimana dengan indikasi patahan yang belum terpetakan karena terletak di bawah Kota Palu. Fenonema gejala dinamik regional ini cukup menarik untuk dikaji.

Tulisan ini mencoba mencari alternatif jawaban berdasarkan data lapangan dan data gempa BMKG. Penekanan material likuifaksi difokuskan pada mineral kuarsa yang memiliki resistensi terhadap perubahan kondisi geologi cepat maupun lambat. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 27 sampai 28 November 2018, termasuk material likuifaksi di daerah Kebun Kopi, Joono Oge dan Petobo serta lokasi mata air panas Morate. Informasi yang diperoleh dari sampel likuifaksi murni di permukaan merupakan data kondisi mineral yang terkandung didalamnya, yang mungkin saat ini sulit diperoleh kembali karena kontaminasi oleh faktor hujan, erosi dan penggunaan lahan.



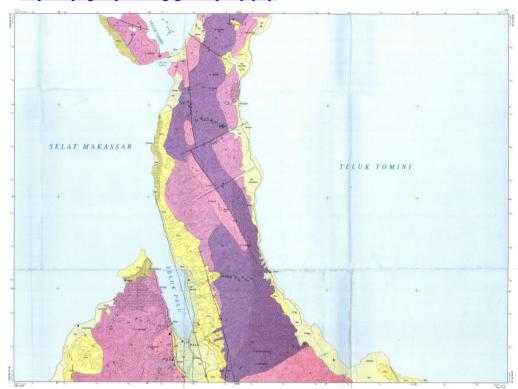
Gambar 1. Sumber gempa terletak di bagian utara Kota Palu (☆) (BMKG, 2018)

# B. Litologi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Palu, terdiri dari batuan intrusi (**gr, am, di, sy**) terdiri dari intrusi diorite,granit, andesit dan basalt, kompleks Komplek Metamorfosis (**km**), Formasi Tinombo Ahlburg, Molasa Celebes Sarasin dan Sarasin (**Qtms**) menindih kompleks batuan metamorf dan Formasi Tinombo secara tidak selaras, aluvium dan endapan pantai (**Qal**) (Sukamto, 1973; Ratman, 1976) (Gambar 2). Struktur geologi umumnya didominasi oleh jalur patahan Palu yang berarah utara baratlaut, menyerupai terban yang dibatasi oleh patahan minor yang dicirikan munculnya mata air panas.

# C. Data dan Metode

Pengambilan data lapangan meliputi : (1) sampel material likuifaksi Joone One, Petobo dan Kebun Kopi, (2) pengukuran gejala pergeseran (*shear fault*) pada litologi dampak gerak Patahan Palu-Koro (3) Pengamatan mikroskop Nikon Eclipse E100 Binocular. Sedangkan data gempabumi tahun 2017 dan 2018 diperoleh dari katalog BMKG (<a href="http://repogempa.bmkg.go.id/query.php">http://repogempa.bmkg.go.id/query.php</a>)



Gambar 2 Peta geologi regional (Sukamto, 1973)

## D. Likuifaksi

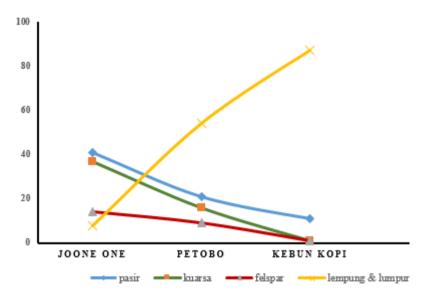
Beberapa defenisi tentang likuifaksi, dalam kamus USGS, Likuifaksi merupakan aspek air terhadap material permukaan tanah; Proses transformasi material padat menjadi cair (Lange and Forker, 1961 T. Leslie Y., 1973); penurunan resistensi geser tanah tanpa kohesi yang disebabkan oleh goncangan secara tiba-tiba yang menyebabkan tekanan fluida pada pori (American Geological Institute, 1972); perubahan material yang padat (solid), dalam hal ini berupa endapan sedimen atau tanah sedimen, yang akibat kejadian gempa, material tersebut seakan berubah karakternya seperti cairan (*liquid*) (Sadisun, 2018).

Merujuk pada defenisi diatas bahwa likuifaksi berhubungan dengan volume tekanan kondisi air, tanah dan perubahan fraksi. Hal ini berkorelasi pada deskripsi lapangan material likuifaksi umumnya berwarna terang (berkomposisi pasir, felspar kuarsa) dan, abu-abu tua sampai kehitaman (berkomposisi lumpur, lempung, serpih) berukuran pasir sampai sangat halus (Gambar 2A) dan material likuifaksi yang bercampur dengan alluvial dan fragmen endapan molasa (Gambar 2B).



Gambar 2. (A) Material likuifaksi berkomosisi mineral dan (B) berkomposisi auvial, fragmen endapan molase, tersingkap di daerah Joono One

Berdasarkan deskripsi mikroskopis pada sampel likuifaksi terdiri dari persentase rata-rata: (1) Joone One; pasir 41%, kuarsa 37%, felspar 14%, skis, lempung dan lumpur 8% (2) Petobo; pasir 21%, kuarsa 16%, felspar 9%, lempung dan lumpur 54% (3) Kebun kopi; pasir 11%, Kuarsa 3%, felspar <<1%, lempung dan lumpur 87% (Gambar 3).



Gambar 3. Sebaran % material likuifaksi

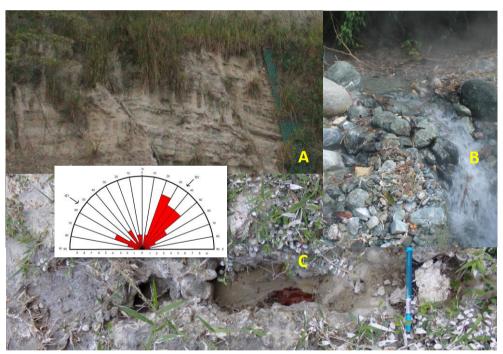
## E. Likuifaksi

Perbedaan warna, mineral dan fraksi material likuifaksi umumnya mencirikan terbentuk pada zona patahan *miylonite* dan *gouge*. Ini merupakan indikasi bahwa material likuifaksi bersumber dari zona patahan di bawah permukaan batuan molase, Formasi Tinombo dan metamorf (hanya sampel Joono One).

Pengamatan pada mineral kuarsa, umumnya mencirikan struktur "broken", "flaty" dan "jejak sudut tetrahedron", sedangkan pada mineral feldspar menunjukkan pelapukan rendah sampai sedang. Kehadiran mineral kuarsa dan feldspar menguatkan indikasi bahwa sona patahan *miylonite* dan *gouge* struktur menyentuh batuan intrusi diorit maupun granit di bawah permukaan.

## F. Struktur Geologi

Imbas gerak Palu Koro menunjukkan gejala pergeseran yang dijumpai pada batuan sedimen berselingan batupasir, batulempung, konglomerat fragmen dan matriks granit (Gambar 4A), meningkatnya suhu mata air panas di daerah Amal (Gambar 4B) dan jejak likuifaksi pada batuan sedimen (4C). Pengukuran kekar dan hasil analisis menggunakan diagram kipas diperoleh tegasan utama maksimum ( $\sigma$ 1) dan tegasan utama minimum ( $\sigma$ 3), diperoleh tegasan utama maksimum ( $\sigma$ 1) relatife berarah Utara timur laut-Selatan barat daya (N 35°E) dan tegasan utama minimum ( $\sigma$ 3) relatif berarah Barat barat laut-Timur menenggara (N 305° sampai 312° E) (Gambar 4)

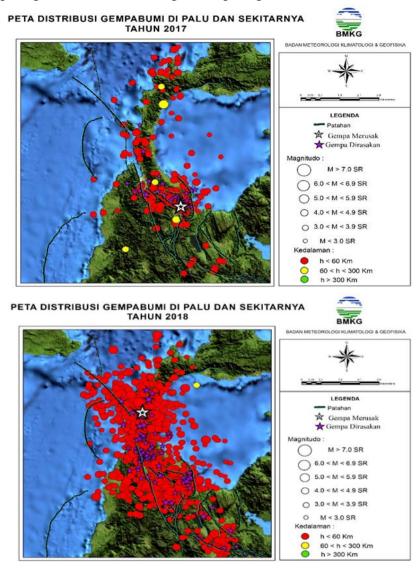


Gambar 4. Kenampakan (A) bidang patahan N312<sup>0</sup>E/52<sup>0</sup>(B) mata airpanas (C) rekahan batupasir dan jejak material likuifaksi

## G. Distribusi Gempa

Hasil Peta Distribusi Gempabumi di palu data Tahun 2017 dan tahun 2018 (Gambar 5) menunjukkan rekaman peningkatan seismisitas dan energi release yang sangat tinggi dimana pada tahun 2017 Magnitudo paling kecil 2.1 dan magnitudo

paling besar 5.4. sedangkan pada tahun 2018 terjadi peningkatan signifikan walaupun magnitudo paling kecil 1.9 namun magnitudo paling besar naik sebesar 7.4.



Gambar 5. Studi Data Seismisitas 2017 (atas) dan 2018 (bawah) (Sumber : katalog BMKG, 2018)

Karateristik perbedaan nilai magnitudo Tahun 2017 dan 2018 merupakan hubungan empiris terhadap perilaku patahan Palu-Koro. Pola strike-slip cenderung membentuk *replacement* pada bidang patahan. Frekuensi maksimum kedalaman gempa terjadi pada tahun 2017 yang terus meningkat tahun 2108 (Tabel 1). Diinterpretasikan pada kedalaman ini berkorelasi dengan patahan bawah permukaan dan meskipun tergolong dangkal diindikasikan pula telah menyentuh zona lemah, bahwa kecenderungan terbentuknya zona lemah dapat diketahui per periode lima tahun pada patahan Palu Koro (Walpersdorf dan Vigny, 1998) gerak geser maksimum *strike-slip* tidak terpusat ada arah patahan Palu Koro tetapi terletak 10 km ke arah timur di bawah Kota Palu (Bellier *et al.*, 1998, Vide Walpersdorf dan Vigny, 1998)

Tabel 1. Kedalaman Gempa Tahun 2017 sampai 2018 (BMKG, 2018)

| Kedalaman (h)                                   | 2017 |        | 2018 |        |
|---|------|--------|------|--------|
|   | %    | Jumlah | %    | Jumlah |
| h < 60 km                                       | 98,1 | 264    | 99,9 | 937    |
| $60 \text{ km} \le \text{h} \le 300 \text{ km}$ | 1,9  | 5      | 0,1  | 1      |
| h >300 km                                       | 0,0  | 0      | 0,0  | 0      |

Seismisitas patahan Palu Koro menunjukkan lebih aktif tahun 2018 dibanding tahun 2017, peningkatan aktifitas ini merupakan korelasi dinamik terhadap energi release. Diindikasikan bahwa imbasan gerak terekam pada patahan minor yang terdapat dalam zona patahan major, misalnya patahan Pasangkayu dan patahan Matano, patahan Poso, Zona Palolo Graben, yaitu seismisitas signifikan meningkat tahun 2018 dibanding energi releasenya pada tahun 2017. Gejala yang ditunjukkan oleh Patahan Palu Koro dan Patahan Matano, cenderung menimbulkan pelurusan struktur mengikuti arah relatif gaya atau energi yang terekam pada elastisitas batuan penyusunnya.

## H. Diskusi

Analisis material likuifaksi meliputi: (1) perubahan warna material likuifaksi merupakan implikasi perubahan temperatur dan tekanan pada zona patahan, perubahan warna likuifaksi disebabkan oleh geokimia, temperatur dan turbidisi (Wang dan Manga, 2011), (2) Diindikasikan kuat bahwa gejala material likuifaksi bersumber dari patahan bawah permukaan menyentuh batuan intrusi granit, diorite; dan dalam prosesnya ke permukaan berasosiasi dengan material molase, intrusi, Formasi Tinombo dan metamorf, (3) Nilai magnitudo dan seismisitas menunjukkan aktifitas Palu Koro berkorelasi dengan meningkatnya spasi rekahan dan kontinuitas patahan mayor.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- American Geological Institute.1972. Glossary of geology. Washington, D.C.
- Bellier O, Sebrier MT, Beaudouin M, Villeneuve E, Puntranto I, Bahar, Pratomo. 1998. *Active faulting in Central Sulawesi (Eastern Indonesia)*. GEODYSSEA final report.
- Fitch, T.1970. Earthquake Mechanism and Island Tectonics in The Indonesian-Philipines. Bull. Seismol. Soc. Am. p. 565-591.
- Hamilton, W.1979. *Tectonics of the Indonesian region*. USGS Professional Paper, 1078.
- Lange, N. A., and Forker, G. M.1961. *Handbook of chemistry*. New York.
- Leslie Youd T.1973. *Liquefaction, Flow, and Associated Ground Failure*. USGS Publ. https://pubs.usgs.gov/circ/1973/0688/report.pdf.
- Ratman, N.1976. *Geological Map of the Tolitoli Quadrangle, North Sulawesi* (*Quadrangle 2016 1110 2116 2117*) *Scale 1:250, 000*. Geological Survey of Indonesia, Directorate of Mineral 1111 Resources. Geological Research and Development Centre. Bandung.
- Sadisun A.2018. *Mengapa Terjadi Likuifaksi di Palu Menurut Ahli Geologi ITB*. Berita ITB.
- Sukamto,dkk.1973.*Geologi Lembar Palu, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia.
- Tjia,H.D,1981, Examples Young Tectonism in Eastern Indonesia, in The Geology and Tectonic of Eastern Indonesia, sepc. publ. 2.
- Walpersdorf A, Vigny C, 1998, *Monitoring of the Palu-Koro Fault (Sulawesi) by GPS*, Geophy. Research Letter. v. 25. no. 13. p2313-2316.
- Wang CY, Manga M,2011, *Hydrologc responses to eartgquake and general metric*, Frontiers in Geofluids Wiley-Balckwell.
- Katalog BMKG (<a href="http://repogempa.bmkg.go.id/query.php">http://repogempa.bmkg.go.id/query.php</a>).2018
- BMKG.Shakemap Gempabumi Palu.2018.